28 | Redis Cluster数据迁移会阻塞吗？

2021-10-14 蒋德钧

《Redis源码剖析与实战》 课程介绍 >

讲述：蒋德钧
时长 22:25 大小 20.53M

你好，我是蒋德钧。

上节课，我给你介绍了 Redis Cluster 节点处理命令的过程。现在你知道，在这个过程中，节点会调用 **getNodeByQuery 函数**检查访问的 key 所属的节点，如果收到命令的节点并不是 key 所属的节点，那么当前节点就会生成 CLUSTER_REDIR_MOVED 或者 CLUSTER_REDIR_ASK 的报错信息，并给客户端返回 MOVED 或 ASK 命令。

其实，这两个报错信息就对应了 Redis Cluster 的数据迁移。数据迁移是分布式存储集群经常会遇到的一个问题，当集群节点承担的负载压力不均衡时，或者有新节点加入或是已有节点下线时，那么，数据就需要在不同的节点间进行迁移。所以，**如何设计和实现数据迁移也是在集群开发过程中，我们需要考虑的地方。**

那么今天这节课，我就来介绍下 Redis Cluster 是如何实现数据迁移的。从源码层面掌握这部分内容，可以帮助你了解数据迁移对集群节点正常处理命令的影响，这样你就可以选择合适时机进行迁移。而且，掌握 Redis 的数据迁移实现，也能为你自己开发集群提供一个不错的参考示例。

好了，接下来，我们就先来看下和数据迁移相关的主要数据结构。这些数据结构比较重要，它们记录了数据迁移的状态信息。

记录数据迁移的数据结构

首先你要知道，Redis Cluster 是先把键值对映射到哈希槽（slots）中，然后通过给不同集群节点分配 slots 这样的方法，来完成数据在集群节点间的分配的。关于这部分的知识，你也可以去看看第一季的第 9 讲。

那么，在源码实现层面，Redis Cluster 的每个集群节点都对应了一个 **clusterNode 的结构体**（在cluster.h文件中）。这个结构体中包含了一个 char 类型的数组，用来记录当前节点在负责哪些 slots。

这个数组的定义如下所示，它的长度是宏定义 CLUSTER_SLOTS 除以 8，而 CLUSTER_SLOTS 宏定义的值是 16384，表示的是 Redis Cluster 的 slots 总个数。这个值除以 8 之后，就意味着数组每个元素的每一位表示 1 个 slot。如果数组元素某一位的值是 1，那么就表明当前节点负责这一位对应的 slot。

复制代码

```
typedef struct clusterNode {
    …
    unsigned char slots[CLUSTER_SLOTS/8]
    …
}
```

但是，如果只是用 clusterNodes 中的 slots 数组，并不能记录数据迁入迁出的情况，所以，Redis Cluster 针对整个集群设计了 **clusterState 结构体**（在 cluster.h 文件中）。这个结构体中包含了三个 clusterNode 类型的数组和一个 rax 类型的字典树。这三个数组的大小，都是集群 slots 的总个数 16384，如下所示：

```
typedef struct clusterState {
    ...
    clusterNode *migrating_slots_to[CLUSTER_SLOTS];
    clusterNode *importing_slots_from[CLUSTER_SLOTS];
    clusterNode *slots[CLUSTER_SLOTS];
    rax *slots_to_keys;
    ...
}
```

复制代码

这几个结构主要是被用来记录数据迁入迁出的情况，它们的含义如下。

migrating_slots_to 数组：表示当前节点负责的 slot 正在迁往哪个节点。比如，migrating_slots_to[K] = node1，这就表示当前节点负责的 slot K，正在迁往 node1。

importing_slots_from 数组：表示当前节点正在从哪个节点迁入某个 slot。比如，importing_slots_from[L] = node3，这就表示当前节点正从 node3 迁入 slot L。

slots 数组：表示 16384 个 slot 分别是由哪个节点负责的。比如，slots[M] = node2，这就表示 slot M 是由 node2 负责的。

slots_to_keys 字典树：用来记录 slot 和 key 的对应关系，可以通过它快速找到 slot 上有哪些 keys。

好了，知道了用来记录数据迁入迁出情况的数据结构之后，我们就来学习数据迁移的具体过程。

数据迁移过程的设计与实现

Redis Cluster 迁移数据的整个过程可以分成五个大步骤，分别是：

标记迁入、迁出节点；

获取迁出的 keys；

源节点实际迁移数据；

目的节点处理迁移数据；

标记迁移结果。

下面，我们就分别来看下这五个步骤的源码实现。

标记迁入、迁出节点

在 Redis Cluster 中迁移数据时，我们需要先使用 CLUSTER SETSLOT 命令，在待迁入数据的目的节点上标记待迁出数据的源节点，使用的命令如下所示：

```
1 CLUSTER SETSLOT <slot> IMPORTING <node> //<slot>表示要迁入的哈希槽，<node>表示
```

复制代码

然后，我们需要使用 CLUSTER SETSLOT 命令，在待迁出数据的源节点上标记将要迁入数据的目的节点，使用的命令如下所示：

```
1 CLUSTER SETSLOT <slot> MIGRATING <node> //<slot>表示要迁出的哈希槽，<node>表示
```

复制代码

为了便于你理解，我来举个例子。假设 slot 3 在节点 A 上，现在我们要把 slot 3 从节点 A 上迁移到节点 B 上，那么，此时节点 A 就是待迁出数据的源节点，而节点 B 就是待迁入数据的目的节点。我们要先在节点 B 上执行如下命令，用来标记源节点。

```
1 CLUSTER SETSLOT slot3 IMPORTING nodeA
```

复制代码

然后，我们在节点 A 上执行如下命令，用来标记目的节点。

```
1 CLUSTER SETSLOT slot3 MIGRATING nodeB
```

复制代码

对于 CLUSTER 命令来说，它的处理函数是 **clusterCommand**（在cluster.c文件中）。在这个函数中，它会根据 CLUSTER 命令携带的不同选项，执行不同的代码分支。因此，对于刚才介绍的标记 slot 迁入、迁出的 SETSLOT 选项，它们在 clusterCommand 函数中对应的代码分支如下所示：

复制代码

```
void clusterCommand(client *c) {
…
//处理SETSLOT选项
else if (!strcasecmp(c->argv[1]->ptr,"setslot") && c->argc >= 4) {
    …
    //处理migrating标记
    if (!strcasecmp(c->argv[3]->ptr,"migrating") && c->argc == 5) {
   ...
    }//处理importing标记
    else if (!strcasecmp(c->argv[3]->ptr,"importing") && c->argc == 5) {
   …
    }
}
```

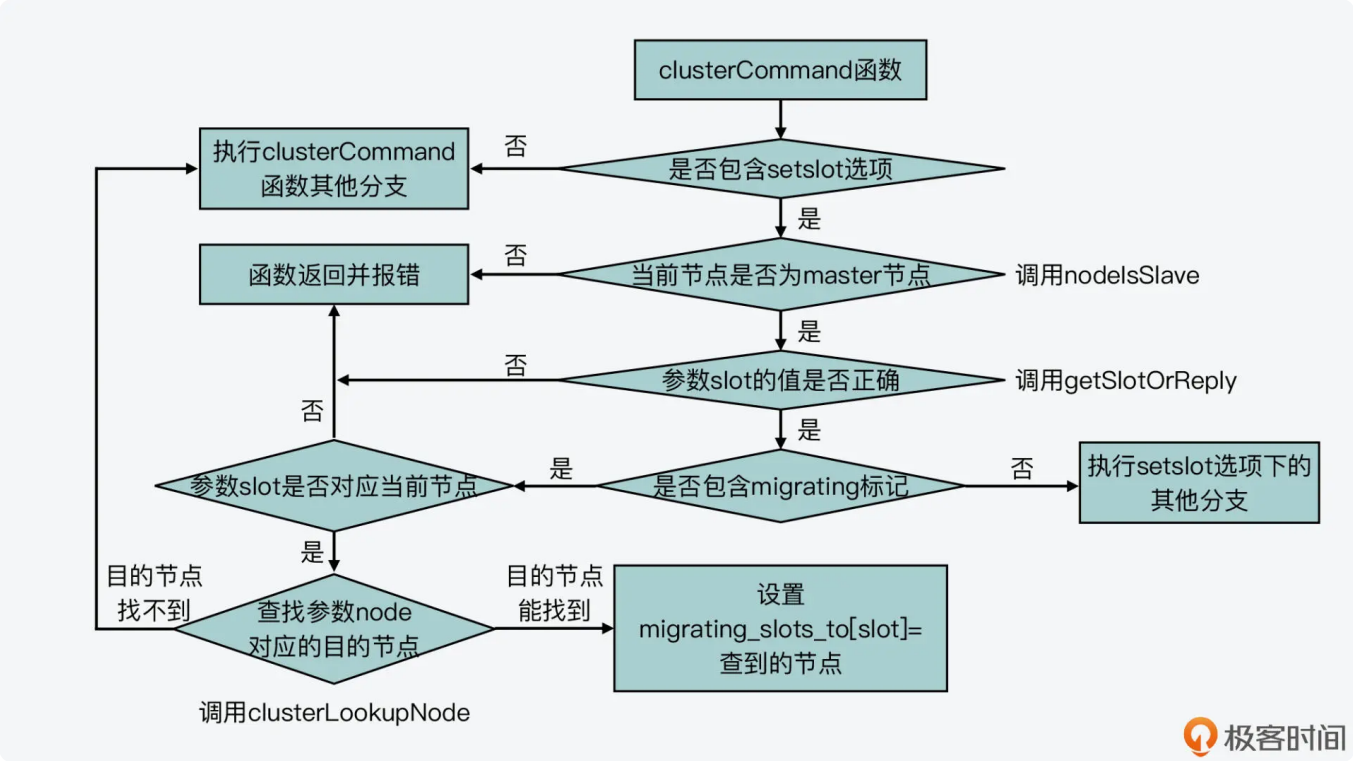
这里，我们来看一下处理 migrating 和 importing 标记的具体逻辑。其实，clusterCommand 函数对这两个标记的处理逻辑基本都是分成三步。

第一步，对于数据迁出来说，该函数会判断迁出的 slot 是否在当前节点；而对于数据迁入来说，该函数会判断迁入的 slot 是否在当前节点。如果迁出的 slot 不在当前节点，或者迁入的 slot 已在当前节点，那么 clusterCommand 函数就**返回报错信息**了。这是因为，在这两种情况下节点无法执行 slot 迁移。

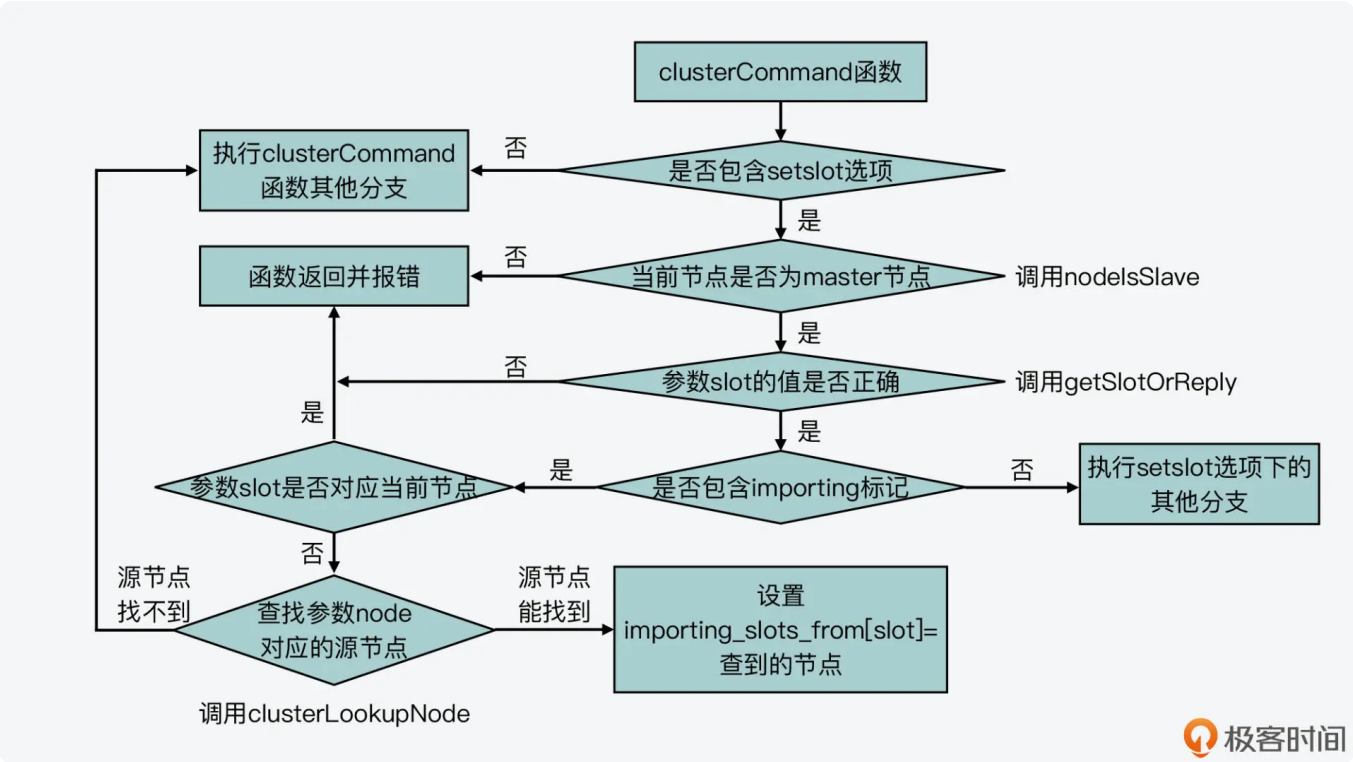
第二步，如果迁出的 slot 在当前节点，或者迁入的 slot 不在当前节点，那么，clusterCommand 函数就会**调用 clusterLookupNode 函数**（在 cluster.c 文件中），来查询 CLUSTER SETSLOT 命令中包含的。这主要是依赖于 clusterLookupNode 函数根据输入的节点 ID，在全局变量 server 的 cluster->nodes 数组中，查找并返回对应节点。

第三步，clusterCommand 函数会把 migrating_slots_to 数组中迁出 slot，或者 importing_slots_from 数组中迁入 slot 对应的节点，设置为 clusterLookupNode 函数查找的结果。

我也画了两张图，分别展示了 clusterCommand 函数处理 CLUSTER SETSLOT 命令的 migrating 和 importing 标记的基本逻辑，你可以再看下。



处理migrating标记



处理importing标记

这样一来，当在 Redis Cluster 中标记完迁入和迁出的节点后，我们就可以使用 CLUSTER GETKEYSINSLOT 命令，来获取要迁出的 keys 了。下面我们来看下这步操作的实现。

获取待迁出的 keys

我们用来获取待迁出的 keys 的具体命令如下所示，其中表示要迁移的 slot，而表示要迁移的 key 的数量。

```
CLUSTER  GETKEYSINSLOT  <slot>  <count>
```

因为这里我们用的还是 CLUSTER 命令，所以，获取待迁出 keys 的命令处理也还是在**clusterCommand 函数**中，对应了 GETKEYSINSLOT 选项的代码分支，如下所示：

```
void clusterCommand(client *c) {
…
//处理GETKEYSINSLOT选项
else if (!strcasecmp(c->argv[1]->ptr,"getkeysinslot") && c->argc == 4) {...}
...
```

这个代码分支的处理逻辑也比较简单，它主要可以分成三步。

首先，这个代码分支会**调用 getLongLongFromObjectOrReply 函数**（在object.c文件中），从 CLUSTER GETKEYSINSLOT 命令中获取和参数，这里的参数会被赋值给 maxkeys 变量，如下所示：

```
//解析获取slot参数
if (getLongLongFromObjectOrReply(c,c->argv[2],&slot,NULL) != C_OK)
      return;
//解析获取count参数，赋值给maxkeys
if (getLongLongFromObjectOrReply(c,c->argv[3],&maxkeys,NULL)!= C_OK)
      return;
```

然后，clusterCommand 函数会**调用 countKeysInSlot 函数**（在db.c文件中），获取待迁移 slot 中实际的 key 的数量。如果刚才从命令中获取的 key 的迁移数量 maxkeys，大于实际的 key 数量，那么 maxkeys 的值会被更新为实际的 key 数量。紧接着，clusterCommand 函数会给这些 key 分配空间。

```
unsigned int keys_in_slot = countKeysInSlot(slot);  //获取迁移slot中实际的key数量
if (maxkeys > keys_in_slot) maxkeys = keys_in_slot; //如果实际的key数量小于maxkey
keys = zmalloc(sizeof(robj*)*maxkeys); //给key分配空间
```

复制代码

最后，这个代码分支会**调用 getKeysInSlot 函数**（在 db.c 文件中），从迁移 slot 中获取实际的 key，并将这些 key 返回给客户端，如下所示：

```
numkeys = getKeysInSlot(slot, keys, maxkeys); //获取实际的key
addReplyMultiBulkLen(c,numkeys); //将key返回给客户端
for (j = 0; j < numkeys; j++) {
     addReplyBulk(c,keys[j]);
     decrRefCount(keys[j]);
}
```

复制代码

好了，到这里，客户端就通过 CLUSTER GETKEYSINSLOT 命令，获得了一定数量的要迁移的 key。接下来，我们就要开始执行实际的迁移操作了，我们来具体看下。

源节点实际迁移数据

在实际迁移数据时，我们需要在待迁出数据的源节点上**执行 MIGRATE 命令**。其实，MIGRATE 命令既支持迁移单个 key，也支持一次迁移多个 key，它们的基本处理流程是相同的，都是在 **migrateCommand 函数**中实现的。

这里，我以一次迁移多个 key 的 MIGRATE 命令为例，这个命令的选项中包含了目的节点的 IP、端口号、数据库编号，以及要迁移的多个 key、迁移超时时间，它的格式如下所示：

```
MIGRATE host port "" dbid timeout [COPY | REPLACE] KEYS key1 key2 ... keyN
```

复制代码

从这个命令中，你也可以看到，它还包括了 COPY 或 REPLACE 选项，这两个选项的含义如下。

COPY：如果目的节点已经存在待迁移的 key，则报错；如果目的节点不存在待迁移的 key，那么就正常迁移，并在迁移后，删除源节点上的 key。

REPLACE：无论目的节点是否存在待迁移的 key，都会正常执行迁移，并覆盖已经存在的 key。

好，了解了 MIGRATE 命令的含义后，我们就来看下 migrateCommand 函数的基本处理流程，这个函数的执行过程主要可以分成四步。

第一步，命令参数检查

migrateCommand 函数首先会检查 MIGRATE 命令携带的参数，比如是否有 COPY 或 REPLACE 标记、dbid 和 timeout 是否能正常读取等。在这一步，migrateCommand 函数如果检查到 timeout 值小于等于 0 了，它就会把 timeout 值设置为 1000 毫秒，用于迁移过程中的超时判断。

第二步，读取要迁移的 key 和 value

检查完命令参数后，migrateCommand 函数会分配两个数组 ov 和 kv，它们的初始大小等于 MIGRATE 命令中要迁移的 key 的数量。然后，migrateCommand 函数会调用 lookupKeyRead 函数（在 db.c 文件中），逐一检查要迁移的 key 是否存在。这是因为有的 key 在迁移时可能正好过期了，所以就不用迁移这些 key 了。这一步的最后，migrateCommand 函数会根据实际存在的 key 数量，来设置要迁移的 key 数量。

下面的代码展示了这一步的基本逻辑，你可以看下。

复制代码

```
ov = zrealloc(ov,sizeof(robj*)*num_keys);  //分配ov数组，保存要迁移的value
kv = zrealloc(kv,sizeof(robj*)*num_keys); //分配kv数组，保存要迁移的key
...
for (j = 0; j < num_keys; j++) {
    //逐一检查要迁移的key是否存在
   if ((ov[oi] = lookupKeyRead(c->db,c->argv[first_key+j])) != NULL) {
            kv[oi] = c->argv[first_key+j]; //只记录存在的key
            oi++;
   }
}
num_keys = oi;  //要迁移的key数量等于实际存在的key数量
```

第三步，填充迁移用的命令、key 和 value

接下来，migrateCommand 函数就开始为迁移数据做准备了。这一步骤中的操作主要包括：

调用 migrateGetSocket 函数（在 cluster.c 文件中），和目的节点建立连接；

调用 rioInitWithBuffer 函数初始化一块缓冲区，然后调用 rioWriteBulkString、rioWriteBulkLongLong 等函数（在rio.c文件中），往这个缓冲区中填充要发送给目的节点的命令、key 和 value。

下面的代码也展示了在这一步中主要填充的命令、key 和 value，你可以看下。

复制代码

```
rioInitWithBuffer(&cmd,sdsempty()); //初始化buffer
...  //往buffer中填充SELECT命令
//针对每一个要迁移的key，往buffer中填充命令、key和value
for (j = 0; j < num_keys; j++) {
    //在集群模式下，填充RESTORE-ASKING命令，用来发给目的节点
   if (server.cluster_enabled)
      serverAssertWithInfo(c,NULL, rioWriteBulkString(&cmd,"RESTORE-ASKING",14
   ...
   //填充key
   serverAssertWithInfo(c,NULL,rioWriteBulkString(&cmd,kv[j]->ptr,
                sdslen(kv[j]->ptr)));
   //填充TTL
   serverAssertWithInfo(c,NULL,rioWriteBulkLongLong(&cmd,ttl));
   //调用createDumpPayload函数序列化value
   createDumpPayload(&payload,ov[j],kv[j]);
   //填充value
   serverAssertWithInfo(c,NULL, rioWriteBulkString(&cmd,payload.io.buffer.ptr,
   ...
}
```

这里，你需要注意的是，migrateCommand 函数会调用 createDumpPayload 函数（在 cluster.c 文件中）将迁移 key 的 value 序列化，以便于传输。在序列化的结果中，**createDumpPayload 函数会增加 RDB 版本号和 CRC 校验和**。等目的节点收到迁移数据后，也会检查这两部分内容，我稍后还会给你介绍。

当在缓冲区中填充完要发送给目的节点的命令、key 和 value 后，migrateCommand 函数就开始发送这个缓冲区中的内容了。

第四步，发送迁移用的命令和数据，并读取返回结果

migrateCommand 函数会调用 syncWrite 函数（在syncio.c文件中），把缓冲区中的内容按照 64KB 的粒度发送给目的节点，如下所示：

复制代码

```
while ((towrite = sdslen(buf)-pos) > 0) {
    towrite = (towrite > (64*1024) ? (64*1024) : towrite);
    nwritten = syncWrite(cs->fd,buf+pos,towrite,timeout);
    ...
    pos += nwritten;
}
```

然后，针对发送给目的节点的每个键值对，migrateCommand 函数会调用 syncReadLine 函数（在 syncio.c 文件中），读取目的节点的返回结果。如果返回结果中有报错信息，那么它就会进行相应的处理。这部分的逻辑并不复杂，但是针对各种出错情况的处理会比较多，你可以进一步阅读源码来进行学习。

复制代码

```
//针对迁移的每个键值对，调用syncReadLine函数读取目的节点返回结果
for (j = 0; j < num_keys; j++) {
    if (syncReadLine(cs->fd, buf2, sizeof(buf2), timeout) <= 0) { ...}
    ... //处理目的节点返回的结果
}
```

好了，到这里，你就了解了 MIGRATE 命令的执行基本过程，我把它执行过程的四大步骤也画在了下面的这张图中，你可以再回顾下。

其实在迁移数据的过程中，**目的节点对迁移命令的处理也是迁移过程的一个重要环节**。所以，下面我们就来看下，目的节点在收到 RESTORE-ASKING 命令后的处理过程。

目的节点处理迁移数据

目的节点在收到源节点发送的 RESTORE-ASKING 命令后，这个命令的实际处理函数是 **restoreCommand**（在 cluster.c 文件中）。这个函数的处理逻辑并不复杂，主要可以分成三步。

首先，它会解析收到的命令参数，包括是否覆盖数据的标记 replace、key 过期时间标记 ttl、key 的 LRU 标记 idletime、key 的 LFU 标记 freq。接着，它就会根据这些标记执行一系列检查。

这其中就包括，如果检测到没有 replace 标记的话，它会调用 lookupKeyWrite 函数（在 db.c 文件中），检查目的节点数据库中是否有迁移的 key，如果已经存在待迁移 key 的话，它就会返回报错信息，如下所示。此外，它还会检查 TTL 值是否小于 0。

复制代码

```
1 //如果没有replace标记，并且数据库中存在待迁移的key
2 if (!replace && lookupKeyWrite(c->db,c->argv[1]) != NULL) {
3         addReply(c,shared.busykeyerr); //返回报错信息
4         return;
5  }
```

然后，restoreCommand 函数会检查迁移 key 的 value 的序列化结果，就像我刚才介绍的，migrateCommand 函数在实际迁移 value 时，会把 value 序列化后再传输。而序列化后的结果中包含了 RDB 版本和 CRC 校验和，restoreCommand 函数会**调用 verifyDumpPayload 函数**（在 cluster.c 文件中），检测 RDB 版本和 CRC 校验和。如果这两部分内容不正确，它就会返回报错信息。

复制代码

```
//检查value序列化结果中的RDB版本和CRC校验和
if (verifyDumpPayload(c->argv[3]->ptr,sdslen(c->argv[3]->ptr)) == C_ERR)
{
        addReplyError(c,"DUMP payload version or checksum are wrong");
        return;
}
```

紧接着，restoreCommand 函数会调用 rdbLoadObjectType 函数和 rdbLoadObject 函数（在rdb.c文件中），从序列化结果中解析出实际的 value 类型和 value 实际值。

最后，restoreCommand 函数会调用 dbAdd 函数，把解析得到 key 和 value 写入目的节点的数据库中。这里，你要注意的是，**如果迁移命令中带有 REPLACE 标记**，那么，restoreCommand 函数会先调用 dbDelete 函数，删除在目的节点数据库中已经存在的迁移 key，然后再调用 dbAdd 函数写入迁移 key。此外，restoreCommand 函数还会设置迁移 key 的过期时间，以及 LRU 或 LFU 信息，并最终返回成功信息。

下面的代码展示了 restoreCommand 函数最后一步的处理逻辑，你可以看下。

复制代码

```
//如果有REPLACE标记，在目的节点数据库中删除已存在的迁移key
if (replace) dbDelete(c->db,c->argv[1]);

//将迁移key及value写入目的节点数据库
dbAdd(c->db,c->argv[1],obj);
if (ttl) {  //设置TTL时间
        if (!absttl) ttl+=mstime();
        setExpire(c,c->db,c->argv[1],ttl);
}
objectSetLRUOrLFU(obj,lfu_freq,lru_idle,lru_clock); //设置LRU或LFU信息
...
addReply(c,shared.ok);  //返回成功信息
```

我在这里也画了一张图，展示了目的节点处理迁移数据的基本过程，你可以再整体看下。

好了，到这里，你就了解了源节点发送迁移数据，以及目的节点接收迁移数据的基本过程实现了。最后，当迁移 slot 中的 key 全部完成迁移后，我们还需要执行 CLUSTER SETSLOT 命令，来标记迁移的最终结果，下面我们来看下。

标记迁移结果

在数据迁移完成后，我们需要先在目的节点上**执行 CLUSTER SETSLOT 命令**，向目的节点标记迁移 slot 的最终所属节点，如下所示。然后，我们需要在源节点上执行相同的命令，用来向源节点标记迁移 slot 的最终所属节点。

```
CLUSTER SETSLOT <slot> NODE <node>
```

复制代码

因为这个命令还是 CLUSTER 命令，所以它的处理仍然在 **clusterCommand 函数**中实现的。这个命令的选项是 SETSLOT，并带有 NODE 标记，所以它对应的代码分支如下所示：

复制代码

```
void clusterCommand(client *c) {
    ...
    //处理SETSLOT选项
    else if (!strcasecmp(c->argv[1]->ptr,"setslot") && c->argc >= 4) {
        ...
        //处理NODE标记
        else if (!strcasecmp(c->argv[3]->ptr,"node") && c->argc == 5) { ...}
        ...
    }
    ...
}
```

在刚才介绍的处理 NODE 标记的代码分支中，主要的工作是清除节点上 migrating_slots_to 数组和 importing_slots_from 数组中的标记。

对于 migrating_slots_to 数组来说，在源节点上，这个数组中迁移 slot 所对应的元素，记录了目的节点。那么，在源节点上执行迁移结果标记命令时，处理 NODE 标记的代码分支，就会调用 **countKeysInSlot 函数**（在 db.c 文件中）检查迁移 slot 中是否还有 key。如果没有 key 了，那么 migrating_slots_to 数组中迁移 slot 所对应的元素会被置为 NULL，也就是取消了源节点上的迁出标记。

复制代码

```
if (countKeysInSlot(slot) == 0 && server.cluster->migrating_slots_to[slot]) //
     server.cluster->migrating_slots_to[slot] = NULL; //将迁出标记置为NULL
```

而对于 importing_slots_from 数组来说，在目的节点上，这个数组中迁移 slot 所对应的元素记录了源节点。那么，在目的节点上执行迁移结果标记命令时，处理 NODE 标记的代码分支会**检查命令参数中的是否就是目的节点自身**。如果是的话，importing_slots_from 数组中迁移 slot 所对应的元素会被置为 NULL，这就是取消了目的节点上的迁入标记。

复制代码

```
//如果命令参数中的节点是当前节点，并且有迁入标记
 if (n == myself && server.cluster->importing_slots_from[slot]) {
     ...
    server.cluster->importing_slots_from[slot] = NULL; //取消迁入标记
}
```

最后，处理 NODE 标记的代码分支，会调用 clusterDelSlot 和 clusterAddSlot 函数（在 cluster.c 文件中），分别更新 slot 迁移前和迁移后所属节点的 slots 数组，你可以去进一步阅读这两个函数的代码进行了解。

到这里，Redis Cluster 中数据迁移的整个过程也就完成了。

小结

在今天的课程中，我给你介绍了 Redis Cluster 数据迁移过程的代码实现，你要掌握以下两个要点。

首先是记录集群状态的数据结构 clusterState。这个结构中是使用了 migrating_slots_to 和 importing_slots_from 两个数组，来记录数据迁出迁入情况，使用了 slots 数组记录每个 slot 所属的节点，以及使用 slots_to_keys 字典树记录 slots 中的 keys。你需要掌握这几个数据结构的含义，因为在你阅读集群源码时，这几个结构是会频繁使用到的。

然后是数据迁移过程的五大步骤。分别是：

标记迁入、迁出节点；

获取待迁出的 keys；

源节点实际迁移数据；

目的节点处理迁移数据；

标记迁移结果。

这五个步骤对应了 CLUSTER 命令的不同选项、MIGRATE 命令以及 RESTORE 命令，所以，它们的实现逻辑就主要对应在 clusterCommand、migrateCommand 和 restoreCommand 函数中。如果你想了解数据迁移的更多细节，你可以从这几个函数入手进一步学习。

最后，我也想再**提醒你两个关键点**。

一是，Redis Cluster 在执行数据迁移时，会调用 syncWrite 和 syncReadLine 函数，向目的节点同步发送迁移数据，以及同步读取回复结果。而这个同步写和同步读的过程，会

阻塞源节点正常处理请求。所以，你在迁移数据时要**控制迁移的 key 数量和 key 大小**，避免一次性迁移过多的 key 或是过大的 key，而导致 Redis 阻塞。

二是，我们在实际应用中，会用到 **redis-cli 工具**，或者是 Ruby 开发的 Redis Cluster 集群**运维工具 redis-trib**，来执行数据迁移。这些工具最终也会调用这节课中，我们介绍的命令来完成数据的实际迁移。所以，学习今天课程的内容，对于你在实际应用中，从代码层面排查 redis-cli、redis-trib 这些工具的问题也是有所帮助的。

每课一问

在维护 Redis Cluster 集群状态的数据结构 clusterState 中，有一个字典树 slots_to_keys。当在数据库中插入 key 时它会被更新，你能在 Redis 源码文件 db.c 中，找到更新 slots_to_keys 字典树的相关函数调用吗？

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

生成海报并分享

赞 0 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 27 | 从MOVED、ASK看集群节点如何处理命令？

下一篇 29 | 如何正确实现循环缓冲区？

精选留言 (1)

写留言

曾轼麟

2021-10-14

回答老师的问题：
clusterState 中的 slots_to_keys 在查阅git历史提交记录中发现，之前是使用跳跃表（zskiplist）在后来才替换成了-字典树，其最主要的目的是为了方便通过 slot 快速查找到solt下的keys，getKeysInSlot 函数正是使用这种方式来获取待迁出的 keys。

...

展开